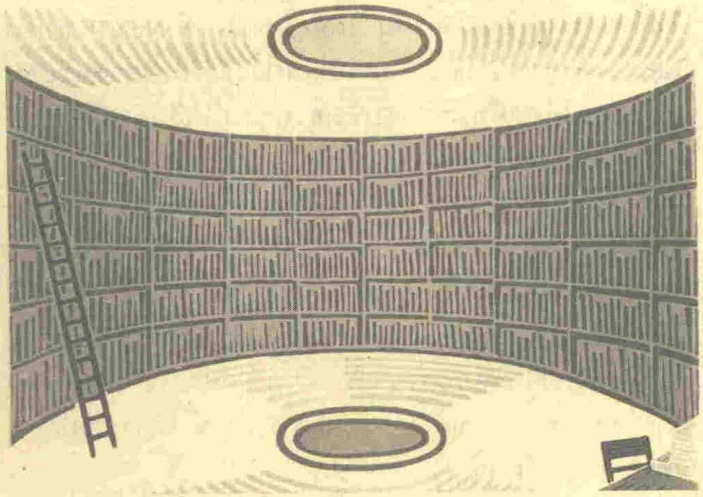
กระดาษแสง

สื่อแห่งอนาคต



สื่อเก็บข้อมูลด้วยเทคโนโลยีด้านแสงชนิดใหม่ ความจุเป็นกิกะไบต์บนคาร์ทริดจ์ขนาดฟลอปปี้ดิสค์ แต่มีความเร็วเทียบเคียงฮาร์ดดิสค์เชียวแหละ

ภุชงค์ อุทโยภาส

ในปัจจุบันแทบทุกคนคงจะคุ้นเคยกันดีกับการนำเทคโนโลยีทางด้านแสงมาสร้างเป็นอุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนและบ่อยครั้งคือ คอมแพคดิสค์ ซึ่งเป็นแผ่นบันทึกที่อาศัยหลักการของแสงบันทึกเสียงดนตรีลงไปในรูปของข้อมูล ทำให้เราสามารถฟังเพลงอยู่กับบ้านได้เหมือนกับไปนั่งฟังตามงานแสดงดนตรี

เคยมีผู้ทำนายว่า เทคโนโลยีด้านการเก็บข้อมูลด้วยออปติคัลดิสค์นี้จะเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามาทดแทนการเก็บข้อมูลด้วยสารแม่เหล็กที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่เมื่อกาลเวลาได้ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ดูเหมือนว่าการใช้งานของแผ่นบันทึกข้อมูลด้วยแสงยังไม่สามารถทดแทนเทคโนโลยีสารแม่เหล็กได้ หากแต่การใช้งานยังมีลักษณะร่วมกันคือ นำข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปเก็บยังแผ่นบันทึกข้อมูลด้วยแสง ขณะที่ใช้งานฮาร์ดดิสค์แม่เหล็กในงานประจำทั่วไป

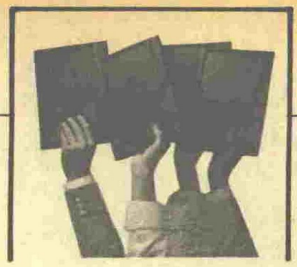
ที่จริงแล้วเราพอจะแบ่งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลด้วยแสงออกได้เป็น 3 ประเภทคือ ประเภทอ่านได้อย่างเดียว (read-only) เขียนครั้งเดียวอ่านได้หลายครั้ง (จนกว่าจะพัง) หรือที่ภาษาฝรั่งเรียกว่า WORM (Write Once Read Many) และประเภทสุดท้ายสามารถ อ่าน/เขียน/ลบได้ตามใจชอบ สิ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างคือ วิธีการที่ใช้ในการเขียนข้อมูลลงไปบนสื่อหรือตัวจานบันทึกนั่นเอง

การบันทึกข้อมูลประเภทอ่านได้อย่างเดียวนั้น ผู้ใช้ค่อนข้างจะคุ้นเคยกันมากกว่าเพื่อน ตัวอย่างง่าย ๆ ที่เห็นบ่อยคือ คอมแพคดิสค์ที่ใช้เล่นเพลง สื่อแบบนี้เราจะทำอะไรไม่ได้เลยนอกจากอ่านข้อมูลออกมา การบันทึกต้องทำจากโรงงานเลย ไม่สามารถเอาไปแก้ไขหรือบันทึกเพิ่มเติมได้ ใช้เป็นตัวเก็บข้อมูลจำนวนมากที่มีอยู่อย่างแน่นอนแล้ว เช่น เก็บสารานุกรม หนังสืออ้างอิง แผนที่ และอื่น ๆ อีกมากมาย

ประเภทที่สองคือแบบ WORM นั้นอนุญาตให้เขียนข้อมูลลงไปได้เพียง 1 ครั้ง แต่ไม่ยอมให้ลบข้อมูล โดยทั่วไปแล้วจะมีความจุต่อแผ่นประมาณ 200 ถึง 300 เมกะไบต์ WORM นี้สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของบริษัท เช่น หนังสือสัญญาทางกฎหมาย หรือข้อมูลสถิติต่าง ๆ ในอดีตได้ดี

แบบสุดท้ายคือเขียนอ่านและลบได้ตามใจ ซึ่งสื่อแบบนี้มีมานานแล้ว นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการวิจัยต่าง ๆ แต่ที่เผยโฉมออกมาเป็นอุปกรณ์ทางการค้าคือ ดิสค์ที่ติดมากับ NeXT ของสตีฟ จ็อบส์เจ้าเก่า ดิสค์ชนิดนี้มีปัญหาตรงที่ว่ายังทำงานได้ช้ากว่าฮาร์ดดิสค์รุ่นดี ๆ อยู่มาก อันที่จริงดิสค์ดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีที่เกิดจากการผสานระบบของแสงและแม่เหล็กเข้าด้วยกัน (Magneto-optical technology)

เทคโนโลยีล่าสุดทางด้านสื่อที่ใช้แสงนั้นคือ กระดาษแสงหรือที่เรียกว่า digital paper ซึ่งเป็นสื่อที่บันทึกด้วยแสงแบบเขียนครั้งเดียว (WORM) สิ่งที่กระดาษแสงแตกต่างจาก WORM ดิสค์อื่นที่มีอยู่แล้วตรงความยืดหยุ่น จึงช่วยให้ผลิตออกมาเป็นแผ่นบางหรือเป็นม้วนแบบเทปได้ ซึ่งทำให้การนำไปใช้งานเป็นไปได้อย่างกว้างขวาง เช่น นำมาประกอบเป็นฟลอปปี้ดิสค์แบบเบอร์นูลี (floppy Bernoulli disk) เทป



หรือนำไปติดไว้บนเครดิตการ์ด นอกจากนั้นเทคโนโลยีนี้ยังทำให้เราได้อุปกรณ์สำหรับอ่าน/เขียนที่เล็กลง แต่รวดเร็วขึ้น และถูกกว่าที่ผลิตได้โดยเทคโนโลยี WORM แบบอื่นทั้งหมดในปัจจุบัน

หลักการของกระดาษแสงถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทแห่งหนึ่งในประเทศอังกฤษชื่อ Image Data ชื่อนี้เราอาจจะไม่ค่อยคุ้นหูเท่าไรนัก แต่ถ้าเอ่ยชื่อบริษัทแม่ของบริษัทนี้คือ Imperial Chemical Industries หรือ ICI แล้วคงจะรู้จักกันดีทุกคน ICI เป็นบริษัททางเคมีภัณฑ์ที่ใหญ่ที่สุดในโลกแห่งหนึ่ง และมีความเชี่ยวชาญในเรื่องสารโพลีเมอร์ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้ทีเดียว

หลักการของการบันทึกข้อมูลด้วยแสง

ก่อนที่เราจะทำความเข้าใจกับเทคโนโลยีของกระดาษแสงนี้ เราคงจะต้องเล่าสู่กันฟังถึงเทคโนโลยีในการบันทึกข้อมูลลงไปบนสื่อโดยใช้แสงนี่สักหน่อย หลักการบันทึกข้อมูลด้วยแสงทุกวิธีที่ใช้กันมานั้น มีสิ่งร่วมกันอยู่บางประการคือ การอ่านข้อมูลจะอาศัยการสะท้อนของแสงเลเซอร์บนผิวโลหะบาง ๆ ซึ่งติดกับผิวของพลาสติกใส ข้อมูลจะนำไปเก็บที่ผิวโลหะในลักษณะเป็นจุด ๆ การอ่านข้อมูลทำได้โดยการหมุนผ่านหัวอ่านที่ทำหน้าที่กวาดลำแสงเลเซอร์ลงไป และวัดความเข้มแสงที่สะท้อนออกมาจากแผ่นโลหะนั้น

อันที่จริงข้อมูลที่อ่านขึ้นมาไม่ได้ขึ้นกับความเข้มของแสงสะท้อนโดยตรง หากแต่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปรความเข้มแสงซึ่งเป็น 2 ระดับด้วยกัน ส่วนอัตราการส่งผ่านข้อมูลนั้นขึ้นกับขีดความสามารถของหัวอ่านว่าจะจับขอบของจุดพวกนี้ได้เร็วแค่ไหน นอกจากนี้ความหนาแน่นของจุดเหล่านี้ก็คือความจุที่เพิ่มขึ้นของดิสค์ แต่มักมีปัญหาตรงที่ยิ่งเราสร้างจุดพวกนี้ถี่ขึ้นเท่าไร ความผิดพลาดในการอ่านข้อมูลยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น การแก้ไขทำได้โดยการเขียนข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาด ซึ่งบางทีกินเนื้อที่ตั้ง 10 ถึง 33 เปอร์เซ็นต์

ในอุปกรณ์ที่อ่านได้อย่างเดียว เช่น CD-ROM บรรดาจุดเล็ก ๆ เหล่านี้จะถูกปั๊มลงไปบนแผ่นรองที่ทำด้วยพลาสติกใสด้วยเครื่องมือกลเช่นเดียวกับจานบันทึกเสียง จากนั้นจึงเคลือบชั้นโลหะบาง ๆ เมื่อแผ่น CD-ROM หมุนผ่านหัวอ่าน ขอบของจุดเหล่านี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงซึ่งหัวอ่านจะจับได้และเปลี่ยนไปเป็นข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง

ส่วนหลักการที่ใช้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลด้วยแสงแบบอ่านเขียนลบได้ตามใจชอบ เช่น ในคอมพิวเตอร์ NeXT นั้นจุดแต่ละจุดจะถูกสร้างขึ้นโดยยึดหลักการใช้ลำแสงเลเซอร์ป้อนความร้อนให้กับชั้นโลหะเงา และปล่อยให้เย็นภายใต้สนามแม่เหล็ก ถ้าความร้อนที่จ่ายให้แผ่นโลหะเกินขีดจำกัดหนึ่งที่เรียกว่าจุดคูรี่ (Curie Point) โลหะจะเกิดการเรียงตัวตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เปลี่ยนขั้ว (polarization) ของแสงที่สะท้อนออกมาจากผิวโลหะ ปรากฏการณ์นี้มีชื่อเรียกว่าปรากฏการณ์ของเคอร์ (Kerr effect) ที่หัวอ่านจะมีตัวกรองแสงคอยตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงนี้ออกมาในรูปของข้อมูล การลบข้อมูลจะทำวิธีเดียวกัน เพียงแต่เปลี่ยนทิศของสนามแม่เหล็กไปเท่านั้น

เทคโนโลยีที่อยู่กึ่งกลางระหว่างสองแบบแรกคือ WORM นั้น โดยทั่วไปจะอาศัยการสร้างรอยลงบนชั้นโลหะ ซึ่งบางทีก็ทำได้โดยการส่งเลเซอร์กำลังสูงไปเจาะผิวโลหะให้เป็นรู และรูเหล่านี้จะสะท้อนแสงออกมาน้อยกว่าผิวโลหะมันมาก ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลลงไปได้ แต่กระดาษแสงจะใช้การสร้างรูบนผิวของชั้นพลาสติกซึ่งเคลือบอยู่บนผิวโลหะแทน และให้ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ในการอ่านและบันทึกข้อมูล

การเขียนข้อมูลบนกระดาษแสง

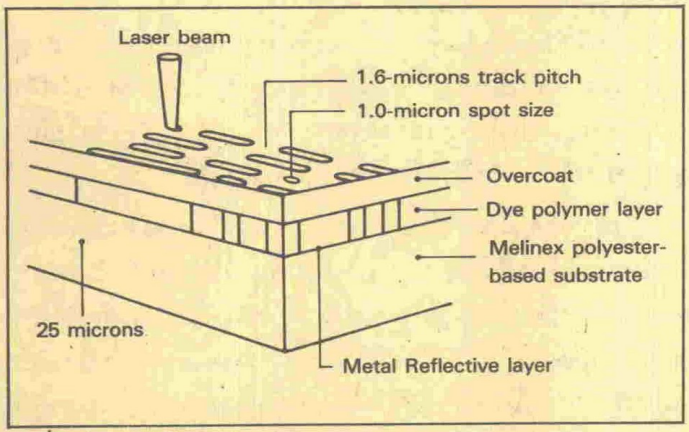
กระดาษแสงจะประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ของสารจำนวน 4 ชั้นด้วยกัน ดังรูปที่ 1 ชั้นของสารรองที่เรียกว่าซับสเตรต (Substrate) นั้นเป็นสารประเภทโพลีเอสเตอร์ที่คิดค้นขึ้นโดย ICI เรียกว่าเมลิเน็กซ์ (Melinex) ซึ่งเป็นตัวที่จะสร้างความแข็งแรงทนทานต่อแรงต่าง ๆ ให้กับส่วนอื่นทั้งหมด ชั้นของเมลิเน็กซ์นี้สามารถผลิตให้มีความหนาตั้งแต่ 25 ถึง 75 ไมครอน (1 ในล้านเมตร) ขึ้นกับการใช้งาน

ชั้นของโลหะผิวมันที่ทำหน้าที่สะท้อนแสงจะถูกเคลือบบนชั้นของเมลิเน็กซ์อีกทีหนึ่ง ชั้นโลหะจะทำหน้าที่เป็นกระจกสะท้อนแสงเลเซอร์เพียงอย่างเดียว ไม่มีผลกระทบต่อการอ่านเขียนแต่อย่างใด

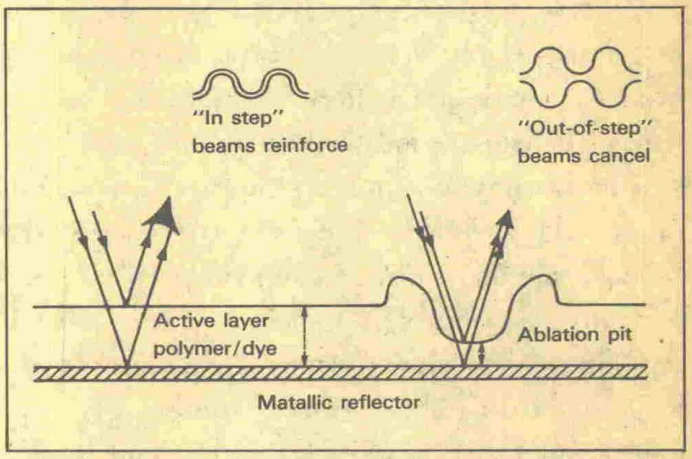
เหนือขึ้นไปจากชั้นของโลหะบางคือชั้นของสารโพลีเมอร์ใส ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีในช่วงอินฟาเรด ซึ่ง ICI ได้ผลิตออกมา 2 แบบคือ ชนิดที่ดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 830 นาโนเมตรและ 780 นาโนเมตร เพื่อให้เหมาะกับเทคโนโลยีของเลเซอร์สารกึ่งตัวนำที่ใช้งานกันในปัจจุบัน ความหนาของสารเคลือบชั้นนี้เป็นจำนวนเท่าครึ่งของความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการอ่านเขียนข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น ถ้าในเลเซอร์ความยาวคลื่น 830 นาโนเมตร ความหนาจะเป็นจำนวนเท่าของ 415 นาโนเมตร ทำให้แสงซึ่งผ่านชั้นของโพลีเมอร์และสะท้อนที่ผิวของโลหะแทรกสอดในลักษณะที่เสริมกับแสงที่สะท้อนตรงผิวของโพลีเมอร์ ทำให้ความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น (ดูรูปที่ 2 ประกอบ)

ในการบันทึกข้อมูลเราจะใช้ลำแสงเลเซอร์พลังงานสูงซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่ถูกดูดซับได้ดีด้วยสารโพลีเมอร์ (เช่น 830 หรือ 780 นาโนเมตร) ฉายลงไปที่ผิวของกระดาษแสง สารโพลีเมอร์จะดูดซับแสงไว้และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น โดยจะเกิดการหดตัวกลายเป็นหลุมที่มีสันนูนขึ้นมา ผลก็คือความหนาของโพลีเมอร์ ณ จุดนั้นเปลี่ยนไป

การอ่านข้อมูลจะใช้แสงเลเซอร์ที่มีกำลังต่ำกวาดผ่านไป ณ จุดที่เกิดหลุมนั้น ความหนาของชั้นโพลีเมอร์จะไม่ลงตัวเป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นอีกต่อไปแล้ว แสงที่สะท้อนที่ผิวและที่ผ่านลงไปจนสะท้อนกลับจากชั้นของแผ่นโลหะจะแทรกสอดในลักษณะซึ่งหักล้างกัน ทำให้ความเข้มแสงที่อ่านได้ต่ำกว่าส่วนที่ไม่มีลำแสงกวาดไปโดยไม่เจอหลุม



รูปที่ 1 โครงสร้างของกระดาษแสง



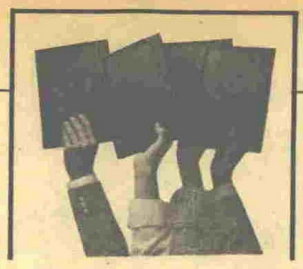
รูปที่ 2 แสดงการเขียนอ่านข้อมูลบนกระดาษแสง

ในการผลิตจริงจะมีรายละเอียดปลีกย่อยต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอีกมาก แต่หลักการพื้นฐานจะไม่ต่างจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ตัวอย่างเช่น การสร้างสารเคลือบเพื่อป้องกันอีกชั้นหนึ่งเหนือชั้นของโพลีเมอร์ ทำให้การคำนวณต้องรวมค่าดัชนีหักเหแสงของสารป้องกันเข้าไปด้วย และสารเคลือบเพื่อป้องกันนี้ต้องมีความหนาลงตัวเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ที่ใช้งาน

นอกจากนั้นในการใช้งานจริงยังมีชั้นของสารเคลือบทำด้วยโพลีเมอร์ที่มีความเสียดทานต่ำอยู่อีกชั้นหนึ่ง ชั้นนี้จะไม่มีผลกับกรรมวิธีบันทึกข้อมูล แต่จะทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานเพื่อให้สะดวกต่อการม้วนหรือบรรจุในฟลอปปี้ดิสค์ และยังทำหน้าที่สกัดกั้นความชื้นและออกซิเจนไม่ให้เข้าไปทำลายผิวของชั้นโลหะด้วย ในปัจจุบัน ICI ได้ประกาศว่า กระดาษแสงนี้มีอายุใช้งานนานถึง 15 ปี แต่บริษัทหวังว่าในการพัฒนาการผลิตจะทำให้ยืดอายุใช้งานไปได้จนถึง 20 ปี

จุดเด่นของกระดาษแสง

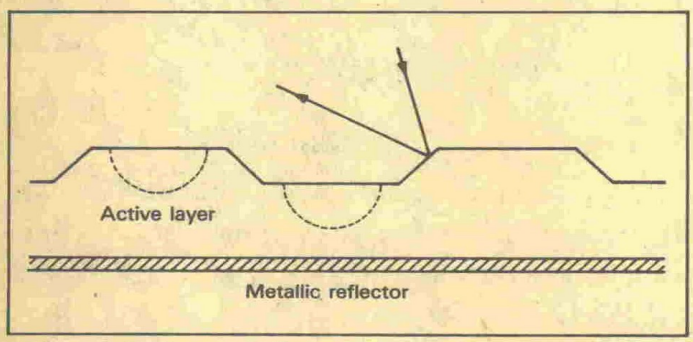
การบันทึกข้อมูลลงบนแผ่นบันทึกด้วยแสงโดยเทคนิคอื่นนั้นมักอาศัยการสร้างหลุมในชั้นของโลหะ เพราะจัดเป็นตัวนำความร้อนอย่างดี เมื่อมีการฉายลำแสงเลเซอร์เพื่อสร้างหลุม ความร้อนจะกระจายออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้หลุมที่กว้างและตื้น ในขณะที่กระดาษแสงนั้นใช้การฉายแสงเลเซอร์ไปบนสารโพลีเมอร์ ซึ่งเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ทำให้ความร้อนไม่กระจายออกไป หลุมที่เกิดขึ้นจะแคบและลึกกว่า ทำให้



การบันทึกข้อมูลทำได้หนาแน่นกว่าขณะที่ใช้แสงเลเซอร์กำลังต่ำ นอกจากนั้นการใช้เลเซอร์กำลังต่ำจะทำให้ความแม่นยำสูงกว่าด้วย หลุมที่แคบและลึกทำให้อัตราการส่งผ่านข้อมูลทั้งการอ่านและเขียนเร็วกว่าเทคโนโลยีแบบอื่น

ความแตกต่างอย่างอื่นก็คือ ความหนาของสารที่เคลือบใน WORM ดิสค์ทั่วไปมักเคลือบชั้นของโลหะด้วยชั้นของโพลีเมอร์ และมีความหนา 1 มิลลิเมตรหรือกว่านั้น ขณะที่หัวอ่านอาจอยู่สูงขึ้นมาอีก 1 มิลลิเมตร ทำให้ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ไปถึงผิวโลหะเป็นระยะถึง 2 มิลลิเมตรด้วยกัน ซึ่งเป็นระยะมากมายมหาศาลถ้าเราเทียบกับขนาดของหลุม นอกจากนั้นแสงเลเซอร์ยังเสียพลังงานไปมากจากการดูดซึมและกระจายของแสงในสารที่เคลือบอยู่ หากเทียบกับกระดาษแสงแล้วสารที่เคลือบอยู่ด้านบนจะมีความหนาน้อยมาก (ไม่กี่ไมครอน) ทำให้เราสามารถใช้เลเซอร์ที่มีพลังงานเพียง 10 มิลลิวัตต์ทำการบันทึกข้อมูลลงไปด้วยความถี่ถึง 10 เมกะเฮิรตซ์ ทำให้เกิดหลุมที่มีขนาดลึกเพียง 1 ไมโครเมตรเท่านั้น

ในการใช้งานกับระบบคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป กระดาษแสงจะถูกฟอร์แมตมาล่วงหน้าจากโรงงาน ทั้งนี้เพื่อเตรียมสิ่งที่จำเป็นในการควบคุมกลไกของเครื่องขับดิสค์ให้เขียนลงไปในตำแหน่งที่ถูกต้องและอ่านข้อมูลขึ้นมาได้อย่างเที่ยงตรง การฟอร์แมตกระทำโดยการปั๊มสันนูนลงไปบนผิวของสารโพลีเอสเตอร์ ดังรูปที่ 3 แสงเลเซอร์จากหัวอ่าน/เขียนที่ฉายเลยไปจากร่องเก็บข้อมูลจะสะท้อนกับสันนูนดังกล่าว และเมื่อผ่านตัวจับแล้วจะถูกแปลงเป็นสัญญาณเพื่อป้อนให้เซอร์โวมอเตอร์ที่ควบคุมหัวอ่าน สัญญาณนี้จะทำให้หัวอ่านเคลื่อนกลับมายังตำแหน่งที่ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 3 การทำฟอร์แมตเบื้องต้นจากโรงงานและผลเมื่อแสงเลเซอร์กระทบ

กระดาษแสงกับดิสค์แบบเบอร์นูลี

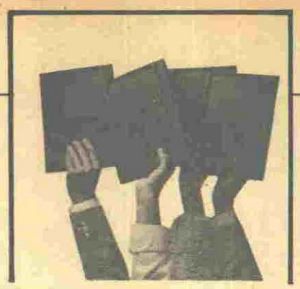
การประยุกต์ใช้งานของกระดาษแสงที่จะก่อให้เกิดประโยชน์กับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์มากที่สุดนั้นคือประดิษฐกรรมของบริษัท Bernoulli Optical System Corp. (ชื่อย่อว่า BOSCO) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของบริษัท IOMega Corp. ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในผลิตภัณฑ์ของดิสค์แบบเบอร์นูลี ขณะนี้บริษัทกำลังพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของเบอร์นูลีกับกระดาษแสงเข้าด้วยกัน

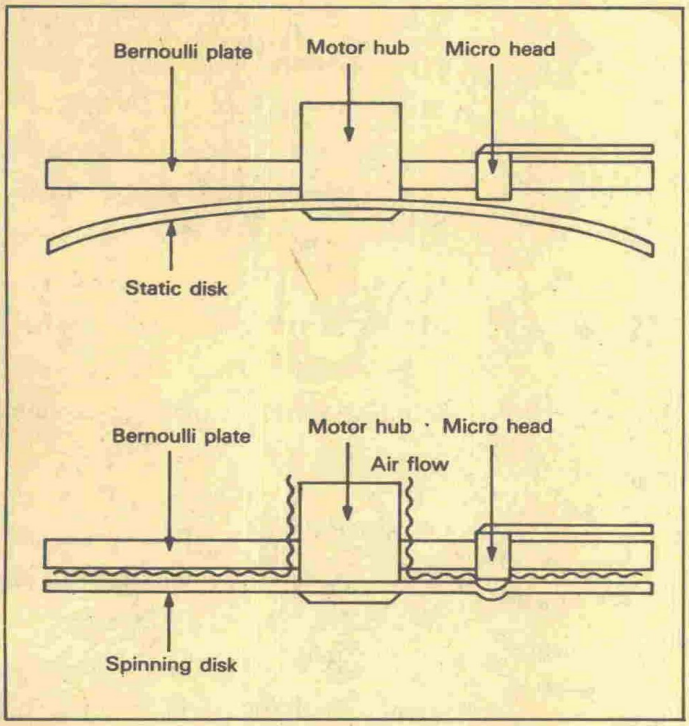
เนื่องจากกระดาษแสงมีจุดเด่นในเรื่องความยืดหยุ่นที่ดี ทำให้เราสามารถนำมาทำเป็นแผ่นดิสค์แบบอ่อนได้ ซึ่งยังไม่มีเทคโนโลยีอื่นใดทำได้ BOSCO จึงพัฒนากระดาษแสงเพื่อสร้างเป็นดิสค์ที่มีความจุสูงขึ้นมาโดยอาศัยหลักการของเบอร์นูลีที่ว่า เมื่อมีการไหลของของไหลผ่านพื้นผิวหนึ่งด้วยความเร็วแตกต่างกัน จะยังผลให้เกิดแรงกระทำอีกด้านหนึ่ง หลักการนี้ก็คือหลักการของเครื่องบินที่ใช้กันอยู่นั่นเอง

ดิสค์แบบเบอร์นูลีจะประกอบไปด้วยแผ่นดิสค์ ซึ่งหมุนอยู่ในระยะใกล้กับแผ่นจานกลมซึ่งติดตั้งหัวอ่านอยู่ (ถ้าเป็นดิสค์แบบถอดได้หรือ removable disk แผ่นจะบรรจุในกรอบพลาสติกเช่นเดียวกับดิสค์ขนาด 3½ นิ้ว) ขณะที่ดิสค์หมุนแผ่นจานเบอร์นูลีนี้จะเป็นตัวนำและเร่งให้เกิดกระแสอากาศไหลและผ่านออกไปตามแกน กระแสอากาศเป็นตัวทำให้แผ่นดิสค์แบบอ่านยกตัวขึ้นมาจนอยู่ในแนวเดียวกับแผ่นจานกลมและกั้นกลางด้วยกระแสอากาศด้วยระยะห่างจากหัวอ่านถึงแผ่นดิสค์ประมาณ 50 ไมครอน ดังรูปที่ 4

ในดิสค์ชนิดดังกล่าว โอกาสที่แผ่นดิสค์กับหัวอ่านจะกระแทกกันมีน้อยมาก เนื่องจากการกระแทกหรือไฟดับกะทันหันจะทำให้กระแสอากาศหายไป แผ่นจานดิสค์จะเลื่อนตกลงมาเองโดยอัตโนมัติ

เพราะระยะห่างที่ลดต่ำมากระหว่างหัวอ่านและแผ่นจานดิสค์ช่วยให้สามารถรักษาระยะที่ค่อนข้างแน่นอนระหว่างหัวอ่านและแผ่นดิสค์ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาการทำงานที่ซับซ้อนของระบบเซอร์โวซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานบ่อย ๆ กับแผ่นบันทึกข้อมูลด้วยแสงในเรื่องของการรักษาระยะโฟกัสของเลเซอร์ให้ตกบนแผ่นสะท้อน ปัญหานี้ทำให้เกิดการสูญ





รูปที่ 4 แสดงหลักการของดิสค์แบบเบอร์นูลี

กำลังงานไปเปล่า ๆ จำนวนหนึ่งในช่วงที่บันทึกข้อมูลลงดิสค์ และทำให้ความแม่นยำในการอ่านต่ำลง

ในการแก้ปัญหาเหล่านี้ ตัวขับดิสค์ WORM ทั่วไปจะอาศัยการออกแบบให้มีเลนซ์ติดกับตัววอยซ์คอยล์ซึ่งขยับขึ้นลงได้เพื่อปรับระยะโฟกัสของแสงเลเซอร์ที่ฉายไปบนดิสค์ ในการนี้ต้องอาศัยระบบควบคุมที่สลับซับซ้อนและยังเพิ่มขนาดของหัวอ่านขึ้นอีกมาก ในขณะที่ตัวขับดิสค์ของ BOSCO ประกอบด้วยหัวอ่านที่มีเลนส์ซึ่งมีระยะโฟกัสคงที่ หัวอ่านจึงมีขนาดเล็กและเคลื่อนที่ได้รวดเร็วกว่า ผลก็คือการเคลื่อนหัวอ่านระหว่างแทร็กจะรวดเร็วกว่า

นอกจากนั้นระยะที่ใกล้กว่าของดิสค์และหัวอ่านทำให้ระยะที่แสงเลเซอร์ต้องพุ่งผ่านไปสั้นลง พลังงานของแสงที่กระทบพื้นผิวดิสค์จึงมากขึ้น การเขียนข้อมูลจึงทำได้รวดเร็วกว่า การออกแบบจึงยอมให้ดิสค์หมุนเร็วกว่าธรรมดา เมื่อรวมกับข้อดีในการเคลื่อนหัวอ่านได้อย่างรวดเร็วแล้ว ส่งผลให้อุปกรณ์ในระบบนี้ทำงานได้เร็วกว่า WORM ดิสค์แบบเดิมมาก

ขนาดของอุปกรณ์ที่เล็กกว่าและมีความซับซ้อนต่ำกว่าทำให้สามารถบรรจุอุปกรณ์ทั้งหมดลงไปในดิสค์ขนาด Half -height ดิสค์แบบนี้จะบรรจุหัวอ่าน 2 หัวด้วยกัน ซึ่งทำให้เราได้เครื่องขับดิสค์แบบ Double side ซึ่งใช้กับแผ่นดิสค์ขนาด 5¼ นิ้ว และมีความจุข้อมูลสูงถึง 1 กิกะไบต์ ขณะที่มีเวลาเข้าถึงข้อมูลโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 40 มิลลิวินาที ดิสค์นี้จะหมุนด้วยความเร็ว 1800 รอบต่อนาที (WORM ดิสค์ทั่วไปหมุนเร็วแค่ 500 รอบต่อนาที) ขณะที่อัตราการถ่ายเทข้อมูลสูงถึง 1.5 Mbyte ต่อวินาที เมื่อเทียบกับ WORM ดิสค์ของไอบีเอ็มซึ่งมีอัตราถ่ายเทข้อมูลเพียง 0.25 Mbyte ต่อวินาที

สื่อแห่งอนาคต

ถึงแม้ว่าดิสค์แบบเบอร์นูลีที่เล่าสู่กันฟังในตอนต้นดูจะนำมาใช้กับพีซีได้ดีที่สุดก็ตาม ยังมีการนำเทคโนโลยีของกระดาษแสงไปใช้งานอื่นอีกมาก ผลิตภัณฑ์ทางการค้าชนิดแรกที่ใช้เทคโนโลยีนี้คือ ระบบเทปที่ออกแบบโดยบริษัท Creo Product Inc. เมืองแวนคูเวอร์ ประเทศแคนาดา เทปม้วนขนาด 12 นิ้ว หน้ากว้าง 35 มิลลิเมตรนี้มีความจุข้อมูลถึง 1 เทอราไบต์ (1000 กิกะไบต์) เทียบเท่ากับกระดาษพิมพ์ 1 พันล้านแผ่นหรือเทปแม่เหล็ก 500 ม้วน โดยมีราคาเฉลี่ยครึ่งเซนต์ต่อ 1 เมกะไบต์ ระบบเทปนี้ถูกออกแบบให้ใช้กับเครื่องเมนเฟรมในงานหลายประเภท เช่น การเก็บภาพถ่ายดาวเทียม ระบบดังกล่าวมีหมายกำหนดการส่งมอบให้กับหน่วยป้องกันประเทศของแคนาดาในกลางปีนี้

นอกจากนี้แล้ว ICI ยังคิดจะนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการผลิตดิสค์ขนาด 2 นิ้วเพื่อใช้ในไมโครคอมพิวเตอร์และกล้องถ่ายรูป นอกจากนั้นยังอาจนำไปใช้กับเครดิตการ์ดได้ด้วย งานอีกอย่างที่นำไปใช้ได้ดีคือ การเก็บข้อมูลในลักษณะฐานข้อมูลที่ตายตัว เช่น พจนานุกรม ซึ่งมีข้อดีเหนือกว่า CD-ROM ในปัจจุบัน เพราะเครื่องมือที่ใช้จะง่ายกว่า และเราสามารถก๊อบปี้ข้อมูลได้เองในร้านคอมพิวเตอร์เล็ก ๆ

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีของอุปกรณ์บันทึกข้อมูลจะก้าวหน้าจนมีอุปกรณ์ที่อ่านเขียนได้เช่นเดียวกับในคอมพิวเตอร์ NeXT ก็ตาม แต่เรายังต้องการสื่อราคาถูกและคุณภาพดีมาใช้ในการสำรองข้อมูลจำนวนมากเก็บไว้ ซึ่งจะเป็นจุดเด่นในการใช้งานของเทคโนโลยีกระดาษแสงนี้ต่อไปในอนาคต